Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik (Klinik B)
der Universität Düsseldorf
Direktor : Professor Dr. F. Loogen

Analyse der regionalen Myokardfunktion aus lokalen Wandbewegungen

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Wolfgang Rahn

1979

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544328_0026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof.Dr.Reinauer

Referent
gez.: Priv.Doz.Dr.Spiller

Korreferent
gez.: Prof.Dr.Schulte

Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik (Klinik B)
der Universität Düsseldorf
Direktor : Professor Dr. F. Loogen

Analyse der regionalen Myokardfunktion aus lokalen Wandbewegungen

D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

W o l f g a n g R a h n

1 9 7 9

Funktionsstörungen des linken Ventrikels betreffen bei der koronaren Herzerkrankung in der Mehrzahl der Fälle nicht das ganze Myokard. Entsprechend den Gefäßveränderungen liegen meist nur regionale Abnormitäten im Kontraktionsablauf vor. Zur quantitativen Erfassung dieser Funktionsstörungen werden von zahlreichen Arbeitsgruppen lokale Durchmesseränderungen, die aus Cineventrikulogrammen ermittelt werden, herangezogen (5,6,7,11,12).
Die prozentuale Änderung eines Durchmessers in einem bestimmten Ventrikelabschnitt und die daraus abgeleitete zirkumferentielle Verkürzungsgeschwindigkeit (V_{CF}) stellen empfindliche Parameter zur Beurteilung der regionalen Myokardfunktion dar.

Ein wesentlicher Nachteil dieser Größen ist, daß sie durch die Bewegungen zweier gegenüberliegender Wandabschnitte bestimmt werden. Die Durchmesseränderung oder zirkumferentielle Verkürzungsgeschwindigkeit gestattet also nur eine Aussage über die Funktion des Ventrikelabschnittes (z.B. des basalen, mittleren oder apikalen Bereichs), erlaubt jedoch keine Beurteilung der Funktion einer Ventrikelwand. Eine solch streng lokale Analyse der Myokardfunktion erscheint nur durch quantitative Messung der regionalen Wandbewegung möglich.

UNIV. LEIDEN BIBL.

In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb untersucht , inwieweit die Bestimmung regionaler Wandbewegungen die quantitative Erfassung myokardialer Funktions - störungen verbessert .

Methodik :

Ausgewertet wurden die Cineventrikulogramme von 7 Gesunden und 12 Patienten mit koronarer Herzerkrankung. Das Alter der Patienten lag im Mittel bei 45,7 Jahren, (Gesunde im Mittel 38,6 Jahre, Koronarkranke im Mittel 48,9 Jahre). Die Darstellung des linken Ventrikels erfolgte in zwei Projektionsebenen (25° linksschräge , bzw. 65° rechtsschräge Projektion; RAO-und LAO-Projektion mit einer Filmgeschwindigkeit von 1oo , bzw. 15o Bildern/s. Als Röntgenkontrastmittel wurde Natrium-Methylglucamin-Jothalamat (Conray 7O , 4o ml, diastolische Injektion) verwendet. Während des Ventrikulogramms wurde der linksventrikuläre Druck über ein Katheter-Tip-Manometer (Millar Instruments, Houston,Texas) gemessen. Der Druck in der Aorta ascendens wurde direkt vor und nach dem Ventrikulogramm registriert. Ausgewertet wurde der frühest mögliche Herzzyklus. Extrasystolische und postextrasystolische Schläge wurden nicht ausgewertet.

Bei der qualitativen Beurteilung der Ventrikulogramme, die unabhängig durch zwei erfahrene Untersucher durchgeführt wurde, wurden alle Ventrikel der Gesunden hinsichtlich der Kammervolumina und des regionalen Kontraktionsablaufs als unauffällig befundet. Alle Ventrikel der Koronarkranken weisen regionale Funktionsstörungen (Hypo - und Akinesien) im Bereich der Vorderwand auf. In der Mehrzahl der Fälle lagen EKG-Veränderungen vor, die auf eine Ischämie, bzw. Narbe im Vorderwandbereich hinwiesen.

Um den methodischen und zeitlichen Aufwand der Auswertungen der Cineventrikulogramme zu verringern, wurden die Filme mit einem videometrischen Analogverfahren analysiert (3).

Die Arbeitsweise dieses Verfahrens ist in Abbildung 1 stark vereinfacht dargestellt.

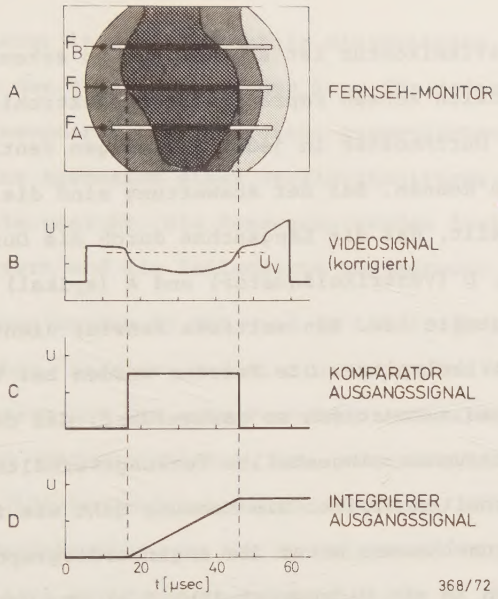

Abb. 1
Schematische Darstellung des Meßprinzips des videometrischen Analogverfahrens. Der Helligkeitssprung zwischen Kontrastmittel und Ventrikelwand (A) führt im Videosignal (B) zu einem Spannungssprung, der durch eine Komparatorschaltung (C) erfaßt wird. Durch Integration des Komparatorausgangssignals ergibt sich ein Signal, das proportional dem Abstand zwischen dem linken und rechten Herzinnenrand ist.

F_B , F_D , F_A = elektronische Fenster

U_V = Vergleichsspannung

Die Ventrikelkontur ist schematisch zu erkennen. Die drei horizontalen Achsen repräsentieren elektronische Fenster, die die Durchmesser in jedem beliebigen Ventrikelabschnitt erfassen können. Bei der Auswertung sind die Fenster so eingestellt, daß die Längsachse durch die Durchmesser B (basal), D (Ventrikeläquator) und A (apikal) in vier gleiche Teile geteilt ist. Ein weiteres Fenster dient der Erkennung der Ventrikelspitze. Die Fenster werden bei Verkürzung der Längsachse automatisch so nachgeführt, daß das ursprünglich vom Untersucher eingestellte Teilungsverhältnis der Längs - achse erhalten bleibt. Die Messung geht wie folgt vor sich: Eine Fernsehkamera setzt die angiokardiographische Bildinformation in ein Videosignal (Abb.1 A) um, das durch die nachgeschaltete Elektronik ausgewertet wird. Der durch einen Helligkeitssprung gekennzeichnete linke und rechte Herzinnenrand führt im Videosignal (Abb.1B) zu einem entsprechenden Spannungssprung, der durch eine Komparatorschaltung erfasst wird. Das konstante Ausgangssignal des Komparators (Abb.1 C) wird über die Messdauer integriert (Abb. 1D). Das Ausgangssignal des Integrieres ist damit proportional dem Abstand zwischen linkem und rechtem Herzinnenrand. Um die Lage der Fenster und die Vergleichsspannung U_v am Komparator überprüfen zu können, werden die Fenster und der in ihnen gemessene

Durchmesser in das Fernsehbild eingeblendet. Die Inhomogenität des Bildhintergrundes kann für jedes Fenster durch gesonderte Levelkorrektur ausgeglichen werden. Durch das Ausmessen eines Vergleichsgitters wird die Messkette geeicht. Die Messwerte werden fortlaufend registriert und die Zahlenwerte ausgedruckt.(3)

Gemessen wurden in RAO -und in LAO-Projektion die Längsachse, basaler, medialer und apikaler Ventrikel - durchmesser und die entsprechenden lateralen und in - ferioren (RAO-Projektion), bzw. anteroseptalen und posteriören (LAO-Projektion) Halbdurchmesser. Hieraus wurden unter Berücksichtigung der Ejektionszeit die zirkum - ferentielle Verkürzungsgeschwindigkeit (V_{CF}) in circ/s, die Verkürzungsgeschwindigkeiten der Halbachsen (Wand - bewegungsgeschwindigkeiten) bezogen auf die enddia - stolischen Gesamtdurchmesser (D/s) und bezogen auf die enddiastolischen Halbdurchmesser (hd/s) nach folgender Formel berechnet:

$$\text{circ/s , bzw. D/s , bzw. hd/s} = \frac{EDW - ESW}{EDW \times LVET}$$

EDW = enddiastolischer Wert
ESW = endsystolischer Wert
LVET = Ejektionszeit , definiert als Zeit von der Öffnung bis zum Schluß der Aortenklappe

Abb. 2 zeigt den Auswertemodus am Beispiel einer Originalregistrierung. Oben sind schematisch die Meßorte eingezeichnet. Die Registrierungen zeigen (aufgetragen gegen die Zeit) links die Änderungen der Längsachse (L), sowie des basalen (B), mittleren (D) und apikalen (A) Ventrikeldurchmessers in RAO-Projektion. In der Mitte und rechts sind die entsprechenden Wandbewegungen der zugehörigen lateralen und inferioren Ventrikelabschnitte dargestellt. (AO = Zeitpunkt der Aortenklappenöffnung; AC = Zeitpunkt des Aortenklappenschlußes). Die Kurven erlauben eine exakte Beurteilung von Ausmaß und Geschwindigkeit der Dimensionsänderungen in den einzelnen Ventrikelabschnitten. Für die statistischen Berechnungen wurden der gepaarte und ungepaarte T - Test angewendet .

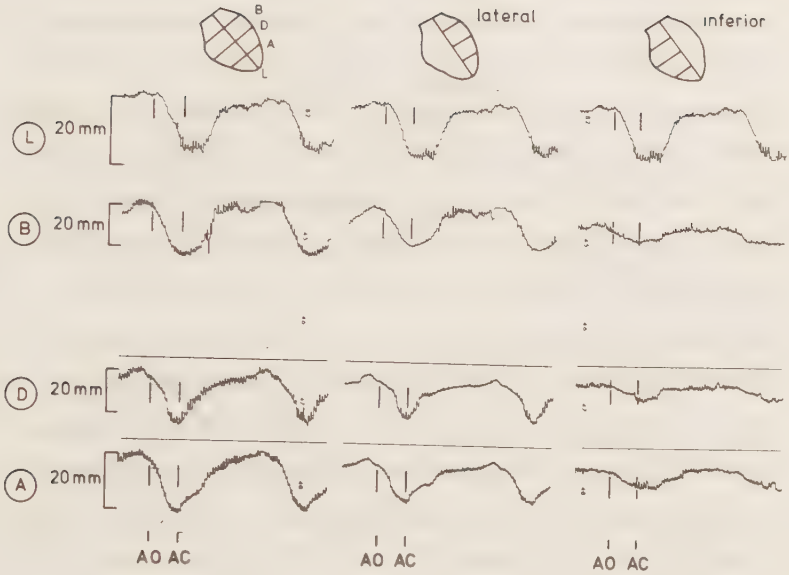

Abb. 2

Originalregistrierungen von Ventrikeldurchmesser - und Halbachsenänderungen bei einem Normalventrikel.

B = basal , D = Ventrikeläquator , A = apikal ,
L = Längsachse
AO = Zeitpunkt von Aortenklappenöffnung
AC = Zeitpunkt von Aortenklappenschluß
Oben: schematische Angabe der Meßstrecken

Ergebnisse:

Abb. 3 a und 3 b gibt als Einzelbeispiel Originalregi - strierungen der Durchmesser- und Halbachsenänderungen (Wandbewegungen) bei einem Koronarkranken mit Verschluß des Ramus interventricularis anterior wieder. Die Längsachse (L) zeigt in diesem Fall während der Ejektion in RAO -Projektion (3a) eine Zunahme, d.h. die Herzspitze bewegt sich paradox. Der basale (B) und mittlere (D) Durchmesser verkürzen sich normal, die Amplitude der apikalen Durchmesseränderung ist erheblich vermindert. Die Wandbewegung ist im basalen Ventrikelabschnitt normal. Im mittleren Abschnitt (D) kommt die Verkürzung des gesamten Durchmessers im wesentlichen durch die Bewegung der inferioren Wand zustande, während die freie laterale Wand eine erheblich gestörte Kontraktion auf - weist. Im apikalen Abschnitt ist die Störung des Be - wegungsablaufs auf beiden Seiten der Wand gleich stark ausgeprägt.

In der LAO-Projektion (3b) sind die Verkürzungen der Durchmesser in allen Ventrikelabschnitten gering reduziert. Die Gesamtverkürzung kommt nur durch die Bewegung der Hinterwand zustande, die anteroseptalen Wandbezirke sind akinetisch.

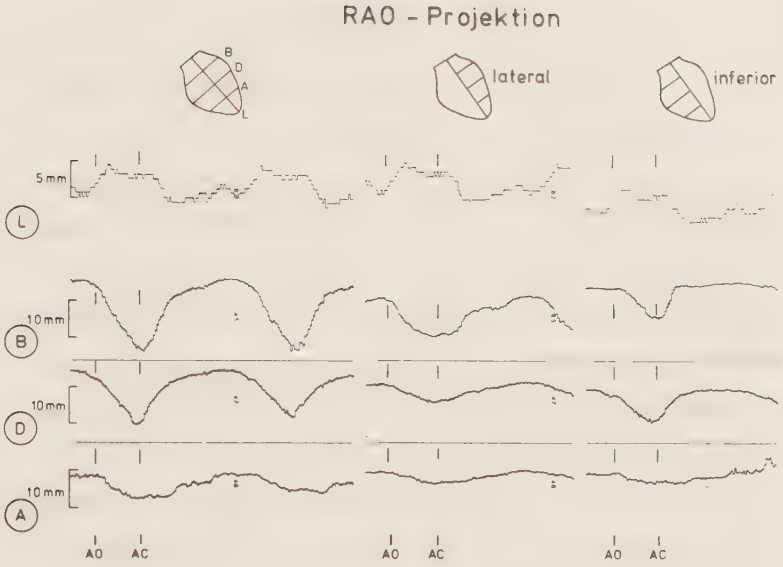

Abb. 3 a :

Durchmesser - und Halbachsenveränderungen bei einem Patienten mit Verschluß des Ramus interventricularis anterior der linken Koronararterie in RAO -Projektion (3a) . Die Amplituden der lateralen Halbachsen sind deutlich reduziert.

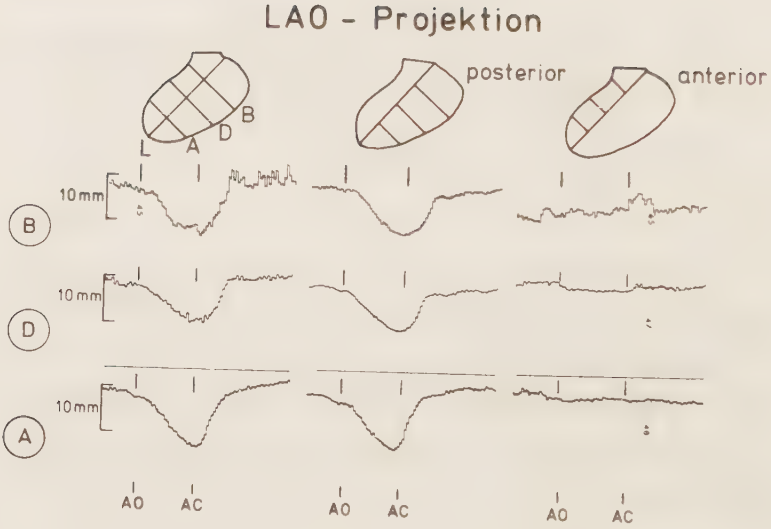

Abb. 3 b :

Durchmesser-und Halbachsenveränderungen bei einem Patienten mit Verschluß des Ramus interventricularis anterior der linken Koronararterie in LAO-Projektion (3b). Die Amplituden der anterioren Halbachsen sind deutlich reduziert.

Abb. 4 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelwerte von mittlerer Verkürzungsgeschwindigkeit V_{CF} der drei Ventrikeldurchmesser, sowie der Geschwindigkeit der Längsachsenänderung während der Ejektion für 7 Gesunde und 12 Patienten mit Vorderwandasynergie wieder. In RAO - Projektion zeigen die Gesunden mit einem V_{CF} von über 1,00 circ /s in allen drei Abschnitten eine normale Verkürzungsgeschwindigkeit. Bei den Patienten mit Vorder - wandasynergien ist V_{CF} in allen drei Abschnitten mit einer von basal nach apikal zunehmenden Einschränkung der Kontraktion signifikant vermindert. Die Relativverkürzung der Längsachse ist mit 0,15 L/s bei den Kranken gegenüber im Mittel 0,63 L/s bei den Gesunden hochgradig reduziert. In LAO-Projektion findet sich bei den Gesunden eine von basal nach apikal ansteigende mittlere Verkürzungsge - schwindigkeit V_{CF}, während sich bei den Koronarkranken diese Zunahme von V_{CF} praktisch nicht nachweisen läßt. Die Längsachse verhält sich in LAO-Projektion ähnlich wie in RAO-Projektion. Gegenüber der Normalgruppe ist die Verminderung von V_{CF} bei der Gruppe der Koronarkranken in allen Abschnitten statistisch signifikant.

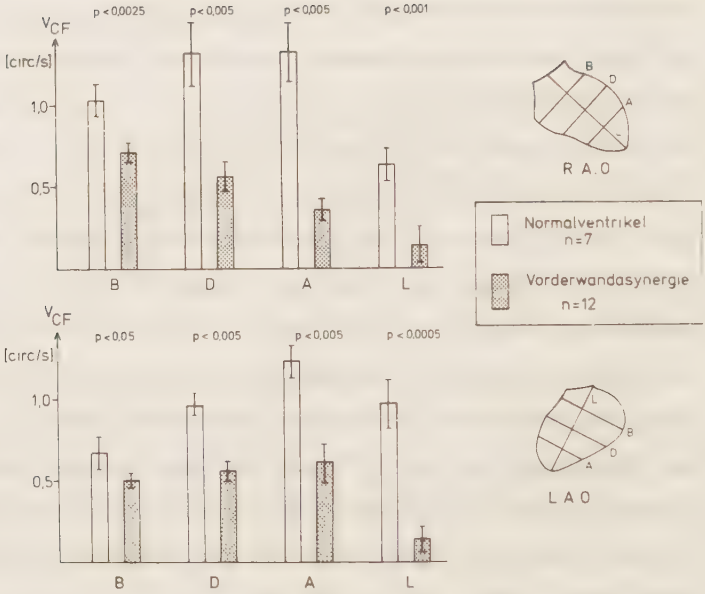

Abb. 4

Mittelwerte mit Standardabweichungen der Einzelwerte der zirkumferentiellen Verkürzungsgeschwindigkeiten V_{CF} bei 7 Normalventrikeln (weiße Säulen) und 12 Ventrikeln mit Vorderwandasynergie (gepunktete Säulen).

B = Basal, D = Ventrikeläquator , A = apikal
oben : RAO-Projektion , unten : LAO- Projektion .

Die Irrtumswahrscheinlichkeiten charakterisieren die Unterschiede der Werte von normalen und funktionsgestörten Ventrikeln.

In Abb. 5 sind die Mittelwerte mit Standardabweichungen der Einzelwerte der Bewegungsgeschwindigkeiten der lateralen und inferioren Wand (RAO-Projektion, links) und der anterioren und posterioren Wand (LAO-Projektion, rechts) dargestellt. Die Bewegungsamplitude der Ventrikelwand ist jeweils auf den zugehörigen enddiastolischen Durchmesser bezogen und in D/s angegeben.

Bei den Normalventrikeln (A) ist im basalen und mittleren Ventrikelabschnitt der Anteil der inferioren und lateralen Wandbewegung an der Gesamtverkürzung der Ventrikeldurchmesser nicht signifikant verschieden; im apikalen Abschnitt ist der Anteil der Bewegung der inferioren Wand an der gesamten Durchmesserverkürzung signifikant höher als der Anteil des lateralen Wandabschnitts.
Bei den Koronarkranken (B) findet sich lediglich im basalen Anteil der inferioren Ventrikelwand eine normale Wandbewegung, während alle übrigen Wandabschnitte eine erheblich eingeschränkte Beweglichkeit aufweisen. Eine gegenüber den Gesunden unterschiedliche Verteilung der Bewegungsgeschwindigkeit von inferiorer und lateraler Wand läßt sich nur für den basalen Ventrikelabschnitt nachweisen.

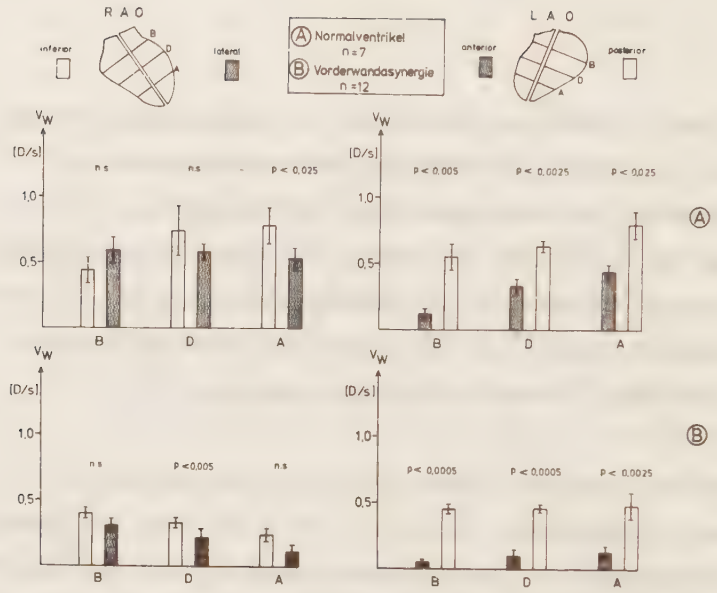

Abb. 5 :

Mittelwerte mit Standardabweichungen der Einzelwerte der Wandbewegungsgeschwindigkeit V_w, bezogen auf den end - diastolischen Ventrikeldurchmesser (d).

B = basal , D = Ventrikeläquator, A = apikal

links : RAO-Projektion : inferiorer Ventrikelabschnitt = weiße Säulen

lateraler Ventrikelabschnitt = graue Säulen

rechts: LAO-Projektion: anteriorer Ventrikelabschnitt = graue Säulen

posteriorer Ventrikelabschnitt = weiße Säulen

A = Normalventrikel (oben)
B = Ventrikel mit Vorderwandasynergien (unten)

Die Irrtumswahrscheinlichkeiten geben die Unterschiede zwischen den Werten der Bewegungsgeschwindigkeiten zweier gegenüberliegender Wände an.

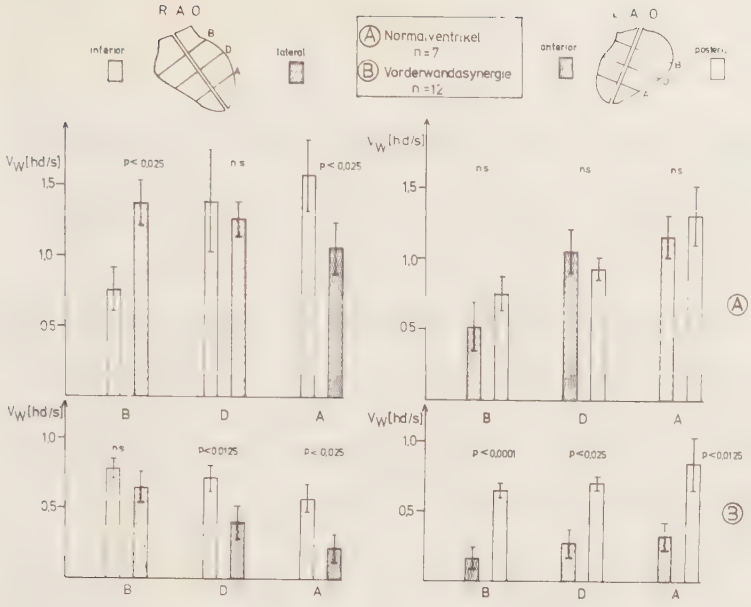

Abb. 6 :

Mittelwerte mit Standardabweichungen der Einzelwerte der Wandbewegungsgeschwindigkeit V_w , bezogen auf die end - diastolische Halbachse (hd).

Erläuterung siehe Abb. 5 .

In der LAO-Projektion sind die Bewegungsamplituden der posterioren Wand bei normalen und Ventrikeln mit Vorderwandasynergien in allen Abschnitten signifikant größer als die Amplituden der anterioren Wandabschnitte.

Bei den Koronarkranken sind die Bewegungsamplituden der anterioren Wand sehr klein, die Gesamtverkürzung der Ventrikeldurchmesser kommt fast ausschließlich durch die Bewegung der posterioren Wand zustande .(rechts unten).

Abb. 6 gibt die Mittelwerte mit Standardabweichungen der Einzelwerte der Wandbewegungsgeschwindigkeiten, bezogen auf die zugehörigen enddiastolischen Halbachsen wieder. In dieser Darstellung findet sich in RAO-Projektion (links) nur im Ventrikelabschnitt (D) inferior und lateral die gleiche Bewegungsgeschwindigkeit. Im basalen Abschnitt weist die laterale, im apikalen Abschnitt die inferiore Wand eine stärkere Relativbewegung als die jeweils gegenüberliegende Wand auf.

Bei den Koronarkranken (links unten) sind die Bewegungsamplituden (bis auf die basale inferiore Halbachse) in allen Ventrikelabschnitten gegenüber den Normalventrikeln reduziert, besonders vermindert sind die Bewegungsgeschwindigkeiten der lateralen Wand im mittleren und apikalen Ventrikelabschnitt.

In LAO-Projektion zeigen die Wandbewegungsgeschwindigkeiten der anterioren und posterioren Abschnitte bei den Normalventrikeln keine signifikanten Unterschiede. Bei den Patienten mit Vorderwandasynergien sind die Bewegungen der anterioren Wand erheblich reduziert, die Geschwindigkeiten betragen nur etwa 20 - 30 % derjenigen der posterioren Wand.

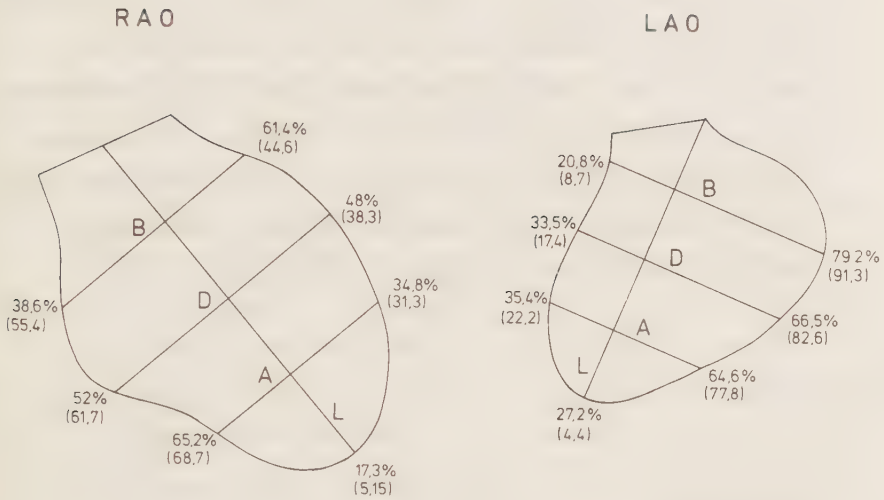

Abb. 7 :

Schematische Darstellung des linken Ventrikels in RAO- (links) und LAO-Projektion (rechts) mit Angaben des prozentualen Anteils der jeweiligen Wandbewegung an der Durchmesseränderung.

B = basal , D = Ventrikeläquator , A = apikal , L = Längsachse

Die Werte der Normalventrikel sind ohne Klammern, die Werte der Ventrikel mit Vorderwandasynergie sind mit Klammern an - gegeben.
Die prozentualen Halbachsenänderungen der funktionsgestörten Ventrikel sind im lateralen und anterioren Ventrikelabschnitt überproportional reduziert.

In Abb. 7 sind die Ergebnisse der Durchmesser- und Halbachsenänderungen in einem Schema zusammengefaßt. Angegeben sind die Mittelwerte der prozentualen Anteile der inferioren und lateralen Wandabschnitte in RAO-Projektion und der anterioren und posterioren Wandabschnitte in LAO-Projektion an der Verkürzung des jeweiligen Durchmessers. Die eingeklammerten Werte, die bei Patienten mit Kontraktionsstörungen ermittelt wurden, sind in den lateralen und anterioren Ventrikelabschnitten überproportional reduziert.

Diskussion :

Für die exakte Beurteilung regionaler Funktionsstörungen des linken Ventrikels sind zwei Forderungen zu stellen:

1. die streng lokale Erfassung des Bewegungs - ablaufs
2. die fortlaufende quantitative Registriernng der Dimensionsänderungen.

Diese Forderungen sind durch manuelles Abzeichnen und anschließende Auswertung von Cineventrikulogrammen wegen des erheblichen zeitlichen und personellen Aufwands nur bedingt zu erfüllen.

Eine Lösung bieten analoge oder digitale Auswertmethoden, die eine Bild - für - Bild-Analyse des Ventrikulogramms gestatten (3,4). Das von uns verwendete videometrische Analogverfahren erlaubt eine zuverlässige halbautomatische Bestimmung von Dimensionsänderungen des linken Ventrikels. Beim Vergleich von manuell und automatisch ermittelten Durchmesseränderungen lag der absolute Fehler der videometrischen Messung bezogen auf die Handauswertung bei Hundeventrikeln im Mittel bei 2,5 mm, bei Humanventrikulogrammen zwischen 5 und 6 mm. Dies entspricht mittleren Relativfehlern zwischen 6 und 10 % (1,9). Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist , daß es neben der Messung von Ventrikeldurchmessern eine streng lokale Erfassung von Wandbewegungen erlaubt.

Da die Wandbewegungen auf die während des Zyklus festgelegte Längsachse bezogen werden, sind sie von der Kippung des Ventrikels abhängig. Gegenüber einer externen Referenz kippt die Längsachse bei normalen und regional funktionsgestörten Ventrikeln nur gering und in etwa gleichem Ausmaß (im Mittel ca. 4°) (11). Beim Vergleich dieser beiden Kollektive dürfte daher der Einfluß der Gesamtbewegung des Ventrikels auf die Wandbewegung gering sein.

Abb. 3 a und b zeigt beispielhaft die Analyse der Wandbewegung an einem Ventrikel mit regionalen Funktionsstörungen.

Aus den Amplituden der einzelnen Wandabschnitte und der Längsachse ergibt sich die Diagnose einer ausgedehnten Vorderwandläsion mit paradoxer Bewegung der Herzspitze.

Die Ergebnisse der quantitativen Auswertung der Durchmesseränderungen (Abb.4) bestätigen Befunde unserer und anderer Arbeitsgruppen, daß die Verkürzung eines Durchmessers während der Ejektion ein brauchbares Maß für regionale Kontraktionsstörungen darstellt (7,8,11,12).

Die Ventrikel mit in der Röntgenkontrastdarstellung sichtbaren Asynergien im Bereich der Vorderwand zeigen insbesondere im mittleren und apikalen Abschnitt eine deutlich verminderte Verkürzungsgeschwindigkeit der Durchmesser. Auch die Änderungen der Längsachse sind gegenüber den Normalventrikeln erheblich reduziert. Dies gilt sowohl für die rechtsschräge als auch für die linksschräge Projektion.

Aus den reduzierten Durchmesseränderungen läßt sich ohne Kenntnis des Ventrikulogramms keine Aussage darüber machen, welche Wandabschnitte von der Kontraktionsstörung betroffen sind.

Eine Aufgliederung der Ventrikelprojektion durch Bestimmung der Halbachsen und deren Änderungen während der Ejektion ist von mehreren Autoren vorgeschlagen worden (2, 6, 1o) . Die Probleme dieser Aufteilung werden aus Abb. 5

deutlich, Aus den Werten der Wandbewegungsgeschwindigkeit bei Normalventrikeln ergibt sich, daß der Anteil der Bewegungen beider Wände an der Verkürzung des gesamten Ventrikeldurchmessers besonders in der LAO-Projektion nicht übereinstimmt. Da die Kippung der Längsachse während der Ejektion in RAO-Projektion nur geringfügig ist, dürfte dieses unterschiedliche Verhalten nur zum Teil durch die Relativbewegung des ganzen Herzens in Richtung auf die Thoraxvorderwand zu erklären sein. Offensichtlich zeigt der linke Ventrikel im Normalfall eine deutliche Relativbewegung auf das Septum zu, d.h., der Bewegungsschwerpunkt liegt nicht auf der schematisch ermittelten Längsachse, sondern exzentrisch.

Aus diesen Befunden folgt, daß für die Beurteilung von Wandbewegungen neben der Angabe des Bezugssystems (z.B. externe Referenz mit fixierter Lage der Längsachse) ein Vergleich mit einem Normalwert erforderlich ist.
Der Vergleich der auf den enddiastolischen Durchmesser bezogenen Halbachsenänderungen ergibt, daß bei den untersuchten Koronarkranken im Mittel alle vier untersuchten Teilabschnitte des Ventrikels (inferior, lateral, anterior, posterior) reduzierte Wandbewegungen zeigen (Abb. 5).
Aus den Irrtumswahrscheinlichkeiten läßt sich schließen, (Vergleich inferior - lateral - und anterior - posterior),

daß insbesondere antero-laterale Wandabschnitte von der Funktionsstörung betroffen sind. Dies wird noch deutlicher, wenn die Wandbewegungsänderungen auf die jeweiligen enddiastolischen Halbachsen bezogen werden (Abb.6). Die Wandbewegungsgeschwindigkeiten der lateralen und anterioren Wände sind nicht nur gegenüber den gleichen Abschnitten der Normalventrikel, sondern in der Mehrzahl auch im Vergleich zu den gegenüberliegenden Ventrikelwänden (inferior, bzw. posterior) signifikant vermindert. Damit sind die kontraktionsstörungen der untersuchten Ventrikel mit Koronargefäßveränderungen streng auf die Vorderwand lokalisiert.

Die quantitative Analyse der Wandbewegungen erlaubt danach eine exaktere Zuordnung der Funktionsstörung zu einem Ventrikelabschnitt als die Bestimmung der zirkumferentiellen Verkürzungsgeschwindigkeit.

Zusammenfassung :

Anhand von Cineventrikulogrammen von 7 Gesunden und 12 Koronarkranken mit Kontraktionsstörungen im Bereich der Vorderwand wurde die Frage untersucht, inwieweit die quantitative Erfassung lokaler Wandbewegungen die regionale Funktionsanalyse des linken Ventrikels verbessert. Die Messungen der Wandbewegungen wurden mit Hilfe eines halbautomatischen videometrischen Analogverfahrens durchgeführt.

Die Wandbewegungen sind bei Normalen und Ventrikeln mit Kontraktionsstörungen nicht symmetrisch zur Längsachse und werden durch die Kippung des Ventrikels während der Ejektion beeinflußt. Trotz dieser Limitierungen sind sie zur Bestimmung des Verteilungsmusters von regionalen Funktionsstörungen des Myokards besser geeignet als die Messung der zirkumferentiellen Verkürzungsgeschwindigkeit allein.

Literaturverzeichnis :

1. Bornikoel,K., H. Huber, H. Kreuzer, K.L. Neuhaus, F.K. Schmiel
Halbautomatische Bestimmung vo n Dimensionsänderungen zur Funktionsanalyse des linken Ventrikels.
Biomed. Tech. 2o, 271 , 1975

2. Chaitman, B.R., J.D. Bristow, S.H. Rahimtoola
Left ventricular wall motion assessed by using fixed external reference systems
Circulation, 48 , 1043 , 1973

3. Dittrich,J., F.K. Schmiel, H.R. Schelbert, H. Kreuzer
Automatisierte ,videometrische Methode mit Hintergrund-Korrektur zur kontinuierlichen Messung von Ventrikel-wandbewegungen und Wanddickenänderungen
Med. Tech. 93, 24 , 1973

4. Dumesnil, J.G., E.L. Ritman, R.L. Frye, G.T. Gau, B.D. Rutherford, G.D. Davis
Quantitative determination of regional left ventricular wall dynamics by roentgen videometry
Circulation , 50, 700, 1974

5. Herman, M.V. and R. Gorlin
Implications of left ventricular asynergy
Am J. Cardiol, 23 , 538, 1969

6. Leighton,R.F., S.M. Wilt, R.P. Lewis
Detection of hypokinesis by a quantitative analysis of left ventricular cineangiograms
Circulation , 50 , 121 , 1974

7. Nakhjavan, F.K., G. Natarajan, H. Goldberg
Comparison of ejection fraction and zonal mean velocity of myocardial fiber shortening
Circulation, 52, 264, 1975

8. Rackley , C.E.
Quantitative evaluation of left ventricular function by radiographic techniques
Circulation, 54, 862, 1976

9. Schmiel, F.K. , H.R. Schelbert, H. Kreuzer, J. Dittrich
Kontinuierliche Messung der Wanddicke des linken Ventrikels mit einem automatisierten Verfahren
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. , 38, 166, 1972

1o. Sniderman, A.D. , D. Marpole, E.L. Fallen
Regional contraction patterns in the normal and ischemic left ventricle in man
Am .J. Cardiol. 31, 484 , 1973

11. Spiller, P.
Quantitative Laevokardiographie
Urban u. Schwarzenberg, 1978

12. Ueda , H. , K. Ueda, S. Morooka , A. Nakanishi , L. Ito , H. Yasuda, Y. Takabatake , Y. Sugishita, Y. Uchida, K. Ozeki
A cineangiocardiographic study of the regional contraction sequence of the normal and diseased left ventricle in man
Jap. Heart J. 1o,95, 1969

Lebenslauf

Ich wurde am 17.5.1952 als Sohn des Facharztes für innere Krankheiten, Dr. Erwin Rahn und seiner Ehefrau Gertrud, geb.Stengel, in Ulm a.d.Donau geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Grundschule in Ulm, von 1963 bis 1972 das humanistische Benediktiner - gymnasium in Scheyern, Kr. Pfaffenhofen, wo ich das Abitur ablegte.

Noch im selben Jahr begann ich das Studium der Medizin an der Universität Düsseldorf, wo ich am 21.3.1975 die ärztliche Vorprüfung und am 3o.3.1976 das 1. ärztliche Staatsexamen ablegte.

Seit dem Sommersemester 1977 setzte ich mein Studium an der Universität Ulm fort, wo ich am 17.3.1978 die 2. ärztliche Prüfung bestand. Seit Mai 1978 befinde ich mich zur Ableistung des praktischen Jahres im Lehr - krankenhaus Biberach der Universität Ulm.